

Las definiciones en Lingüística y la aplicación de las Matemáticas a la Gramática de las lenguas

José Fernando Domene Verdú

PhD in Linguistics

Date of Submission: 02-12-2019

Date of acceptance: 18-12-2019

La definición correcta de cada uno de los conceptos de una ciencia es fundamental para la investigación científica y para la formulación de cualquier teoría científica. Muchas de las definiciones lingüísticas, incluso las de los conceptos básicos de dicha disciplina, no cumplen las condiciones para una buena definición y, por lo tanto, no son correctas¹. Por ejemplo, si se define un «fonema» como «un sonido que es capaz de distinguir significados» y se define un «sonido» como «la realización física de un fonema», se están enunciando dos definiciones circulares que son inoperantes y, por tanto, incorrectas. Si el fonema se define como «un conjunto de rasgos distintivos capaces de diferenciar palabras», el problema se disimula, pero no se soluciona, ya que los rasgos distintivos se refieren en definitiva a un conjunto de sonidos; al no especificarse esta circunstancia en la definición, ésta es incompleta y, por tanto, incorrecta. Lo mismo ocurre si se define el «predicado» como «el verbo o sintagma verbal que figura en la oración» y luego se define el verbo como «la palabra que funciona como predicado en la oración»; el «sintagma nominal» como «el conjunto de palabras de una oración cuyo núcleo es un nombre» y el «nombre» como «la palabra que puede funcionar como núcleo de un sintagma nominal»; el «sintagma verbal» como «el conjunto de palabras de una oración cuyo núcleo es un verbo» y el «verbo» como «la palabra que puede funcionar como núcleo de un sintagma verbal», etc. Todas ellas son definiciones circulares y, por lo tanto, incorrectas. También son incorrectas otras definiciones por diversos motivos. La definición de «oración gramatical» como «toda forma lingüística que no está incluida en otra forma lingüística más amplia» es incorrecta porque es negativa. Otras definiciones son incorrectas porque sólo son válidas para una lengua o un grupo de lenguas de similares características, pero no para otras muchas, por lo que no convienen a todo lo definido. La definición de «nombre» como «la palabra que puede funcionar como sujeto en la oración» es incompleta, porque también funciona como complemento directo, indirecto, circunstancial y como complemento del nombre; pero, además, «como sujeto en la oración» también puede funcionar un pronombre (e incluso un adjetivo o un verbo sustantivizados). La definición de «sujeto» como «el nombre o sintagma nominal que establece una concordancia necesaria con el verbo en la oración» sólo sirve para las lenguas flexivas, pero no para las de tipo aislante o monosilábico, porque en ellas ninguna palabra concuerda con el verbo, ni para las de tipo aglutinante y parasintético, porque en ellas concuerdan con el verbo tanto el sujeto como el complemento directo y el indirecto. Por lo tanto, no sirve para aquellas lenguas en las que el verbo carece de desinencias personales, como es el caso del sueco (en el que todas las personas de un mismo tiempo son idénticas) o del inglés (en el que sólo se distingue la 3ª pers. sing. del presente), así como tampoco para las que tienen una conjugación más compleja, con desinencias personales que indican también el objeto directo y el objeto indirecto, como es el caso del vasco, el georgiano, el swahili, el quechua, etc., etc. Lo mismo ocurre con la definición de «complemento directo» como «el nombre o sintagma nominal que, en una oración pasiva, pasa a ser sujeto de la oración», ya que en las lenguas de tipo ergativo, esto no es cierto. La definición de «complemento indirecto» como «la persona, animal o cosa que recibe indirectamente la acción expresada por el verbo», no conviene a todo lo definido porque es incompleta, ya que sólo es válida para los verbos que expresan acción, pero no para los verbos que no expresan acción, como son los verbos copulativos. Si el «complemento indirecto» se define como «el nombre o sintagma nominal que, mediante una transformación pronominalizadora, aparece reproducido por le, se o les», tampoco cumple las condiciones de

¹ Una «definición» es una proposición que expresa brevemente y de forma clara la naturaleza de un concepto o el significado de un término. Una buena definición debe cumplir necesariamente las siguientes condiciones: 1) Lo definido no debe entrar en la definición. 2) La definición debe ser más clara que lo definido. 3) La definición debe convenir a todo lo definido y sólo a lo definido. 4) La definición no debe ser negativa en la medida de lo posible. 5) La definición debe ser lo más breve posible. 6) Todos los términos de la definición deben estar previamente definidos.

una buena definición porque no conviene a todo lo definido, ya que sólo es válida para la lengua castellana, pero para ninguna más. La definición de «complemento circunstancial» como «la palabra que determina o modifica la significación del verbo, indicando una «circunstancia» de lugar, tiempo, modo, instrumento, etc.» tampoco es una buena definición porque lo definido entra claramente en la definición (la palabra «circunstancia»). Son sólo algunos ejemplos.

Pero este problema no ha sido reconocido, ni valorado, ni tenido en cuenta en la teoría gramatical; y sin embargo, existe. Para evitar estas ambigüedades en los conceptos lingüísticos y en la misma gramática de las lenguas, puede ser muy útil la utilización de un instrumento teórico-metodológico que facilite el tratamiento de una gran cantidad de datos, simplifique su estudio y su exposición y le proporcione el rigor necesario a los razonamientos. Las matemáticas son la ciencia exacta por excelencia, y su utilización proporciona una mayor precisión y exactitud a las definiciones de los conceptos científicos en general y, por lo tanto, también a los gramaticales. Esto es lo que se denomina «axiomatización» de la Gramática.

El primer intento de axiomatización de la gramática lo realizó Bloomfield 1926, pero fue en los años cincuenta, y como consecuencia de la axiomatización de los lenguajes formales –de los lenguajes de programación concretamente– ante la aparición y del desarrollo de los ordenadores y de la traducción automática, cuando se produjo el intento más serio de aplicación de las matemáticas a la lingüística, con Z. S. Harris y N. Chomsky principalmente, y apareció lo que luego se conoció como Lingüística Matemática. Así, se definió la Gramática a partir de los conceptos lógicos de «sistema», de «modelo» y de «sistema axiomático», de manera que una «gramática formal» es un tipo particular de «sistema axiomático» (Serrano 1977, pp. 188-189), concretamente un «sistema axiomático semithueano», $G = \langle V_T, V_N, S, R \rangle$, que está formado por «un vocabulario fundamental o terminal, un vocabulario auxiliar, un símbolo inicial y una serie de reglas de reescritura» (Gladkij y Melchuk 1972, p. 56), de tal manera que el «símbolo inicial» es el «axioma inicial» de los sistemas axiomáticos y, como en éstos, pertenece al vocabulario auxiliar. Las «reglas gramaticales» serían «funciones recursivas» de tipo semithueano (Partee, Meuler, Wall 1990, p. 192). Una Gramática Generativa es, por tanto, un álgebra definida en el vocabulario de un lenguaje formal y en la que las leyes de composición interna u operaciones son las reglas de reescritura de ese lenguaje formal (Partee, Meulen, Wall 1990, p. 434). Para Tarski 1972 y Montague 1973, la Sintaxis y la Semántica se relacionan entre sí mediante un «homomorfismo» $f: A \rightarrow B$ entre dos álgebras (Partee, Meulen, Wall 1990, p. 253), el Álgebra Sintáctica y el Álgebra Semántica, y ese homomorfismo se denomina «interpretación semántica» (Partee, Meulen, Wall 1990, p. 318; ver también Partee 1971-1976 y Dowty, Wall, Peters 1981).

Sin embargo, se comprobó que los tres tipos de gramáticas generativas (GEF, GIC y GDC) que explicaban los lenguajes formales², al utilizarlas como modelo para las lenguas naturales, eran incapaces de describirlas. Por ello, fue necesario realizar algunas adaptaciones de las gramáticas generativas añadiendo conceptos que no existían en los lenguajes formales. Para ello, también se recurrió a la lógica simbólica y, concretamente, a los sistemas axiomáticos y a las reglas de reescritura de las fórmulas lógicas, que eran concebidas como reglas de inferencia. Chomsky 1965 estableció que las reglas gramaticales se expresaran mediante las «reglas de reescritura», que pueden ser reglas sintagmáticas o de ramificación y reglas de inserción léxica o de selección, y añadió el concepto de «transformación», que ya había sido formulado por el estructuralista Z. S. Harris 1951; 1971, p. 19 para explicar las irregularidades y ambigüedades de las lenguas naturales concibiendo las reglas transformativas también como reglas de reescritura³. Sin embargo, las

² Dado que la lingüística matemática apareció «como consecuencia del desarrollo vertiginoso de los ordenadores electrónicos» (Marcus, Nicolau, Steti 1978, p. 41), su evolución estuvo condicionada por la de estos y, por tanto, se desarrolló en función de los avances técnicos que registraron los ordenadores y el campo de la ingeniería informática. De esta forma, los tipos de lenguajes que se definieron estuvieron determinados por el tipo de ordenador para el que estaban destinados, de tal manera que la complejidad de estos lenguajes aumentaba en proporción directa a la de las máquinas que los debían utilizar. Principalmente, estos tipos de lenguajes son tres: los lenguajes de estados finitos o *finite state languages*, los lenguajes libres de contexto o *context-free languages* y los lenguajes dependientes del contexto o *context-sensitive languages*. Estos tipos de lenguajes toman los nombres del tipo de gramáticas que los generan, gramáticas de estados finitos o *finite state grammars* (GEF), gramáticas independientes del contexto o *context-free grammars* (GIC) y gramáticas dependientes del contexto o *context-sensitive grammars* (GDC). Esta axiomatización de las gramáticas de los lenguajes formales de la lógica y de los lenguajes de programación, se aplicó a las lenguas naturales con el objeto de axiomatizarlas para que pudieran ser comprendidas y reproducidas por el ordenador y posibilitar así la traducción automática (Rohrer 1971, p. 24; Chomsky 1956; 1957a, p. 13; Chomsky 1957b, p. 284).

³ En la simbología generativa, estas transformaciones se representaron como las reglas de reescritura de las

transformaciones fueron cuestionadas por muchos lingüistas (Peters y Ritchie 1973) y, como consecuencia de ello, surgieron otras alternativas⁴ (Moreno Sandoval 2001, p. 15).

Lo que ocurre es que la Lingüística Matemática ha seguido un procedimiento puramente deductivo en el que, tomando como modelo la axiomatización de los lenguajes formales, se han concebido la gramática de las lenguas naturales como un álgebra, las reglas gramaticales como leyes de composición interna ($A \times A \rightarrow A$) o externa ($A \times B \rightarrow C$), y la construcción de oraciones gramaticales como un cálculo aritmético equiparable al cálculo numérico. Esto es válido para los lenguajes formales, pero no para las lenguas naturales⁵, y por eso se ha intentado adecuar a ellas mediante la limitación de la capacidad de las reglas de reescritura mediante la aplicación de más y más tipos de reglas limitativas. En este proceso deductivo, por tanto, la Lingüística Matemática ha partido de una definición de la gramática de las lenguas naturales como «álgebras» y, como no lo son, la ha ido aproximando paulatinamente a ellas mediante las reglas de limitación, para acabar convirtiéndola en una simple correspondencia en el conjunto del vocabulario de cada lengua. El proceso contrario habría

gramáticas formales, utilizando la formalización de las operaciones o leyes de composición, de la forma $X \rightarrow Y$ y $X \rightarrow Y \times Z$, siendo $X \rightarrow Y$ un caso particular de $X \rightarrow Y \times Z$ en el que $Z = \{\emptyset\}$. El símbolo \times se sustituyó por $+$. Sin embargo, las reglas sintagmáticas generaban todas las oraciones posibles, tanto las correctamente formadas o gramaticales como las formadas incorrectamente o agramaticales, por lo que fue necesario limitar su capacidad generativa introduciendo el concepto de «subcategorización», que no era más que el «análisis componencial» formulado por Katz y Fodor en 1963, y estableciendo las «reglas de subcategorización». El «análisis componencial» en su versión conceptualista, que consiste en que el significado de un lexema se puede descomponer en una serie de elementos conceptuales atómicos. Por ejemplo, el concepto «yegua» se puede descomponer en los conceptos atómicos «animado», «adulto» y «hembra» (Acero, Bustos, Quesada 1989, pp. 65-66). De esta manera, una oración estará bien formada si los elementos conceptuales atómicos de sus constituyentes son compatibles entre sí y no lo estará en el caso contrario. Teniendo en cuenta que las reglas gramaticales describían en realidad las relaciones entre categorías gramaticales, lo que hace el análisis componencial es establecer las categorías incluidas en otra categoría, o sea, «subcategorizar». Por ello, a la aplicación del análisis componencial a los constituyentes se le llamó «subcategorización» y, a las reglas que establecen las asociaciones de constituyentes que generan oraciones gramaticales, «reglas de subcategorización». De esta manera, se pudieron compensar las inadecuaciones de las reglas gramaticales, complementándolas con la subcategorización, que fue incorporada por Chomsky a la gramática generativa en 1965 en *Aspects of the Theory of Syntax*, tomándola del análisis componencial de Katz y Fodor 1963.

⁴ Como una escisión de la Gramática Generativa de Chomsky, surgieron las llamadas Gramáticas de Unificación y Rasgos, que fueron desarrolladas por antiguos discípulos o colegas de Chomsky como Postal (la Gramática Relacional), Kaplan y Bresnan 1982 (LFG), Gazdar y Pullum 1985 (GPSG) y Pollard y Sag 1994 (HSPG). Todas ellas rechazan el concepto de «regla transformacional» y lo sustituyen por una operación universal, llamada «unificación», que opera sobre «estructuras de rasgos» (Moreno Sandoval 2001). Otras teorías gramaticales que se incluyen dentro de la Lingüística Matemática son las Gramáticas Categóricas, que han desarrollado un formalismo propio, y las Gramáticas de Dependencias, que presentan ciertas semejanzas con las categóricas (Lyons 1968, pp. 237-242). El mismo N. Chomsky 1993, 1996 definió finalmente la gramática minimalista. Sobre estos tipos de gramáticas generativas, se pueden consultar también Bresnan y Kaplan 1982, Pullum y Gazdar 1982, y Gazdar y Mellish 1989. Están muy bien resumidos en Moreno Sandoval 2001, y sobre ello se puede consultar también Moreno Sandoval 1998. Sobre la Lingüística matemática, su origen y sus posibles inadecuaciones, se puede consultar Domene, 2001, 2007a, 2007b, 2009, 2010, 2011).

⁵ La Lingüística Matemática se ha utilizado para la axiomatización de los «lenguajes formales», como los de la Lógica y la Informática, que son simples (ya que sólo tienen sintaxis), regulares (porque no presentan excepciones) y unívocos (pues cada término corresponde a un solo significado y cada significado a un solo término). Sin embargo, no ha sido tan eficaz a la hora de aplicarla a los lenguajes naturales, ya que las lenguas constituyen sistemas complejos, irregulares y con un cierto grado de ambigüedad (Harris 1971, pp. 72-78; Vennemann 1982, pp. 21-22; Hawkins 1983; Keenan 1987; Tent, 1990). No es extraño, por ello, que se haya criticado el concepto de «transformación», pero el de «gramática generativa» aplicado a las lenguas naturales también se puede poner en cuestión.

consistido en empezar por definir la gramática de una lengua natural como una simple correspondencia entre conjuntos, y esto es, precisamente, lo que se hace en este trabajo, presentar una alternativa nueva de aplicación de las matemáticas a la lingüística, y en definitiva de axiomatización de la gramática, basada, no en el Álgebra, sino en la Teoría de Conjuntos⁶.

El conjunto F de los elementos fonológicos de una lengua y el conjunto F' de los elementos fonéticos de la misma⁷ definen entre sí una correspondencia $f: F \rightarrow F'$. Sin embargo, esa correspondencia no es unívoca porque la imagen de cada uno de los elementos del conjunto inicial no es siempre un conjunto unitario o vacío, puesto que un elemento fonológico puede corresponder a varios elementos fonéticos, que serían sus alófonos, y por tanto, un elemento fonológico puede tener varias imágenes en el conjunto de los elementos fonéticos. Y, si esa correspondencia no es unívoca, tampoco es una aplicación⁸. Los elementos fonéticos que forman una sílaba

⁶ Según el principio cartesiano, en el análisis se debe de ir de lo más simple a lo más complejo. Por ello, las matemáticas deben aplicarse a la lingüística desde su base, esto es, comenzando por los conceptos básicos de la ciencia matemática, como son los de «elemento y conjunto», y no desde unos conceptos más elevados y desarrollados, como el de «álgebra» y «homomorfismo» (y lo mismo hay que decir en el terreno de la lingüística, de manera que estos conceptos matemáticos deben aplicarse a la lingüística, comenzando por los conceptos básicos de la gramática, como son los de «sonido» y «fonema», y no directamente por el de «oración gramatical»). La Teoría de Conjuntos (ver, p. ej., García y López 1977; Moreno Cabrera 1991) es, por tanto, la parte de las matemáticas más idónea para su aplicación a la lingüística y sí puede ocuparse de las irregularidades de las lenguas y de la Lingüística Histórica. Si la aplicación de las «gramáticas generativas» a las lenguas naturales pudiera ser discutible, no lo es la aplicación de la Teoría de Conjuntos. Tomando esta última como base, se puede demostrar que la gramática de una lengua es una correspondencia definida entre dos conjuntos, uno de significantes y otro de significados (en los que, a su vez, se define una relación binaria de orden total). En matemáticas, la imagen de un elemento se representa como $f(a) = b$, siendo b la imagen de a en la correspondencia $f: A \rightarrow B$ definida por el conjunto A y por el conjunto B y, en ella, un elemento del conjunto inicial puede tener una imagen o varias en el conjunto final. Por ello, la gramática de una lengua natural no es una correspondencia unívoca y, por lo tanto, tampoco es una aplicación. Tanto los significantes como los significados de una lengua pueden ser a su vez cadenas de elementos porque, tanto en el conjunto A de los significantes como en conjunto B el de los significados de una lengua, se define, además, una relación binaria de orden total (RBOT). Teniendo en cuenta que entre el conjunto A y el conjunto B se define una correspondencia $f: A \rightarrow B$, a un elemento a o a una cadena (a, a', a'') del conjunto A de los significantes de una lengua, le corresponde, por tanto, un elemento b o una cadena (b, b', b'') del conjunto B de los significados. Esa correspondencia no es unívoca y, por tanto, no es una aplicación. Pero a cada uno de los elementos que forman parte de una cadena (a, a', a'') del conjunto A de los significantes de una lengua, le corresponde también uno de los elementos que forman parte de una cadena (b, b', b'') del conjunto B de los significados. Esta concepción de la lingüística basada en las matemáticas es lo que ha tenido lugar en otras ciencias, permite utilizar un metalenguaje matemático y es la axiomatización de la Lingüística. Por supuesto, se puede aplicar a cada una de las partes de la Gramática, pero siempre de lo más simple a lo más complejo. Los conceptos de «elemento fonético» (sonido), «elemento fonológico» (fonema) y de «elemento semántico» (concepto o función gramatical) son primarios, pero los demás no.

⁷ El conjunto F está formado por dos grandes subconjuntos, el de las vocales y el de las consonantes. Además, el conjunto F de una lengua determinada tiene distintos subconjuntos que forman un recubrimiento, puesto que la unión de todos ellos es el conjunto F , y son además una partición, puesto que los subconjuntos que lo forman son no vacíos y disjuntos entre sí, esto es, tienen al menos un elemento y la intersección entre cualquiera de ellos es el conjunto vacío. Por lo tanto, el conjunto de los elementos fonéticos de una lengua forma un sistema, el «sistema fonético» (SF) o el «sistema fonológico» (SF').

⁸ Esta es la relación entre los elementos fonéticos y los elementos fonológicos de una lengua considerada desde el punto de vista del hablante o emisor, pero la relación entre ambos conjuntos de elementos considerada desde el punto de vista del oyente o receptor sería la correspondencia inversa $f^{-1}: F' \rightarrow F$. Por lo tanto, un «elemento fonético», o sonido, de una lengua se puede definir como el conjunto inicial de la correspondencia definida entre el conjunto de los elementos fonéticos y el conjunto de los elementos fonológicos de esa lengua. Un «elemento fonológico», o fonema, de una lengua se puede definir como el

definen entre sí una relación binaria R en el conjunto F , porque cumplen una propiedad, la de ir unidos en un solo golpe de voz⁹. Por lo tanto, una «sílabas» se puede definir como una cadena definida en el conjunto de los elementos fonéticos o en el de los elementos fonológicos de una lengua por la RBOT cuya característica es la de «pronunciarse con un solo golpe de voz». Una «palabra» se puede definir, entonces, como una cadena definida en el conjunto de los elementos fonéticos, en el de los elementos fonológicos o en el de las sílabas de una lengua, y que además tiene imagen no vacía en el conjunto de los significados, ya que el conjunto de las sílabas de una lengua, lo mismo que el de los elementos fonéticos y el de los elementos fonológicos¹⁰, define una correspondencia con el conjunto de los significados¹¹. El «léxico» o «vocabulario» de una lengua se puede

conjunto final de esa misma correspondencia, o bien como el conjunto inicial de su correspondencia inversa, de manera que cada palabra que los incluye forma un par ordenado con su significado o con cada uno de sus significados en el caso de tener varios, y esos elementos fonológicos son capaces de distinguir palabras, es decir, de que estas tengan distinta imagen en el conjunto de los significados. A su vez, el conjunto de los elementos fonológicos de una lengua también define una correspondencia con el conjunto de los grafemas o elementos ortográficos que forman el «alfabeto» (A) de esa misma lengua, que es totalmente convencional y arbitrario y, además, sólo existe en las lenguas que tienen escritura. Por supuesto, esta correspondencia $f: F' \rightarrow A$ tampoco es unívoca, porque un mismo fonema puede estar representado por más de un grafema y viceversa, y por tanto tampoco es una aplicación.

⁹ Por ejemplo, los elementos fonéticos (m , a , r) van unidos en un solo golpe de voz. Una o varias sílabas forman una palabra o elemento léxico. Por ejemplo, los elementos fonéticos (m , a , r) forman a la vez una sílaba, un lexema y una palabra en castellano, en catalán, en gallego y en portugués, y esa palabra corresponde al significado 'mar'. Dicha relación binaria R es una relación binaria de orden RBO porque es reflexiva, antisimétrica y transitiva. También es conexa, puesto que, siendo $f_1 \neq f_2$, uno de los pares (f_1, f_2) o (f_2, f_1) siempre verifica la relación. Por lo tanto, es una relación binaria de orden total (RBOT) y, por ello, es una «cadena», ya que es una parte totalmente ordenada de un conjunto ordenado como es F . Por ejemplo, en virtud de la relación binaria de orden total (RBOT) definida en el conjunto de los fonemas de la lengua castellana, los fonemas $/m/$, $/a/$ y $/r/$ forman una terna ordenada (m, a, r) que es una cadena.

¹⁰ Teniendo en cuenta que un fonema es un sonido intencional, y por ello capaz de distinguir significados, un «elemento fonológico» se podría definir, entonces, como un elemento fonético que forma parte de una cadena cuya imagen es distinta de otra cadena que sólo se diferencie de la anterior en ese elemento fonético. Esto es, un $e_f = a$ es todo $e_f = a$ tal que una cadena $aRbRc$ tiene una imagen distinta de otra cadena $a'RbRc$, es decir, que, dadas dos cadenas $aRbRc$ y $a'RbRc$, se cumple que $f(aRbRc) \neq f(a'RbRc)$ en la correspondencia $f: L \rightarrow S$ definida entre el conjunto del léxico y el conjunto de los significados de una lengua. Un *alófono*, por el contrario, sería todo $e_f = a$ tal que una cadena $aRbRc$ tiene la misma imagen que otra cadena $a'RbRc$, es decir, que, dadas dos cadenas $aRbRc$ y $a'RbRc$, se cumple que $f(aRbRc) = f(a'RbRc)$ en la correspondencia $f: L \rightarrow S$.

¹¹ Un tipo diferente de relación binaria de orden es la que define los cambios fonéticos (CF), ya que estos también se caracterizan por un par ordenado de elementos fonéticos (f_1, f_2) , pero cumplen una propiedad de orden cronológico, y distinta, por tanto, de la RBOT anterior. Por ejemplo, la aspiración y posterior desaparición de $/f/$ inicial en castellano antiguo, mediante el $CF = f > h > \emptyset$, es una cadena definida en el conjunto de los elementos fonológicos del castellano medieval en virtud de la RBOT $>$ caracterizada por la propiedad «la consonante $/f/$ en posición inicial se ha transformado en $/h/$ en castellano medieval y ésta, en el morfema cero $/\emptyset/$ », por lo que esas consonantes forman una terna ordenada (f, h, \emptyset) y verifican dicha relación binaria de orden. Ese CF se puede expresar también como una RBOT definida en el conjunto de los elementos léxicos, mediante alguna de las palabras en las que se produjo. Por ejemplo, la palabra [figo] (procedente del latín *ficum*) evolucionó a [higo] y después a [igo] mediante el $CF = f > h > \emptyset$ mencionado. Un «cambio fonético» se puede definir, por tanto, como una RBOT « a se ha transformado en a' » definida en un conjunto A de elementos fonéticos de una lengua. Al elemento fonético que cambia se le puede denominar *elementum mutans* y al que se ha originado en virtud de dicho cambio, *elementum mutatum*. En ese caso, un cambio fonético (CF) se puede definir también como una correspondencia entre el conjunto de los *elementa mutantes* y el conjunto de los *elementa mutata*. Por ejemplo, el elemento fonético $/s/$ se ha convertido en $[h]$ en el castellano meridional en determinadas circunstancias (en posición implosiva), por lo que ambas vocales forman un par ordenado $(-s, -h)$ y verifican la relación binaria de orden $>$ caracterizada

definir como el conjunto inicial de la correspondencia definida entre el conjunto de palabras de esa lengua y el conjunto de sus significados, de manera que cada palabra forma un par ordenado con su significado o con cada uno de sus significados en el caso de tener varios¹². Pero el conjunto del léxico, además de definir una correspondencia con el conjunto de los significados o elementos semánticos, también la define con otros conjuntos similares de la gramática de las lenguas¹³. La derivación y la composición se pueden expresar de forma matemática porque dos palabras o lexemas que se unen en la composición forman un par ordenado perteneciente a la relación binaria de orden total (RBOT) definida en el conjunto V formado por el léxico o vocabulario de una lengua y que, a su vez, tiene imagen no vacía en el conjunto de los significados¹⁴. Esto

por la propiedad «la consonante /s/ en posición implosiva se ha transformado en /h/ en castellano meridional». Esa RBOT se expresaría de la forma $-s > -h$, que equivaldría a la expresión tradicional $-s > -h$. Se puede considerar igualmente que un cambio fonético (CF) es un par ordenado de la correspondencia definida entre los subconjuntos de los *elementa mutantes* y los *elementa mutata*. Los cambios fonéticos se pueden expresar mediante los elementos fonéticos que se transforman o también mediante los morfemas o las palabras de las que forman parte. Así, por ejemplo, el CF anterior se puede expresar de forma matemática mediante el par ordenado $(-s, -h)$, la relación $-s R -h$ que se puede expresar también $s > h$ o, como es normal en lingüística, $-s > -h$, pero también se puede expresar mediante una de las palabras a las que ha afectado, por ejemplo, $mes > meh = \text{'mes'}$. Análogos a los cambios fonéticos son los cambios fonológicos, morfológicos, sintácticos y semánticos.

¹² Pero una palabra puede tener más de un significado, debido a los fenómenos de homonimia y polisemia. Un ejemplo puede ser el de la palabra *borde*, que en castellano y de forma simplificada puede tener *grosso modo* dos significados, ‘orilla’ y ‘bastardo’. En ese caso, el elemento léxico *borde* tendría dos imágenes, ‘orilla’ y ‘bastardo’, que formarían un conjunto imagen {orilla, bastardo} de dos elementos y dos pares ordenados, (borde, orilla) y (borde, bastardo), pertenecientes ambos a la correspondencia $f: V \rightarrow S$. Es evidente, por tanto, que esta correspondencia no es una aplicación. Para que lo fuera, y el conjunto del léxico un álgebra, se ha solucionado mediante los lexicones, considerando las palabras que tienen varios significados como palabras distintas y distinguiéndolas mediante un índice numérico. Sin embargo, esta solución puede ser discutible porque se puede considerar como una solución *ad hoc*.

¹³ El género de las palabras de una lengua es un conjunto G que está formado por dos o tres elementos, según las lenguas (masculino y femenino en unas lenguas, a las que se añade el neutro en otras; o bien animado e inanimado en algunas de ellas como el vasco, por ejemplo, etc.). En principio, todas las palabras (de una lengua con distinción de género) que son sustantivos o adjetivos corresponden a un género determinado, y sólo a uno, por lo que forman un subconjunto del conjunto L del léxico de una lengua que define una correspondencia con el conjunto G de los géneros, que además es unívoca y es una aplicación suprayectiva, ya que todos los elementos del conjunto inicial L tienen imagen no vacía y sólo una imagen en el conjunto G, aunque todas las imágenes de G tienen numerosas antiimágenes en L. Existen palabras que tienen los dos géneros, masculino y femenino, que tienen significados distintos y distinta terminación (*banco* y *banca*, por ejemplo), por lo que se pueden considerar como palabras distintas y, por tanto, la correspondencia $f: L \rightarrow G$ es unívoca y, además, es una aplicación. En el caso de las palabras en las que el género es inherente al significado y constituye una propiedad intrínseca de él (*hombre, mujer, padre, madre*, etc.), cada palabra se puede expresar como una terna ordenada perteneciente a la correspondencia múltiple definida por el conjunto L del léxico de una lengua, el conjunto S de los significados y el conjunto G del género. En todas las demás palabras, el género no es inherente al significado ni constituye una propiedad intrínseca de él, y por ello está vinculado a la palabra misma, y no a su significado. En ese caso, también se puede expresar el género de forma matemática, mediante una terna ordenada (p, s, g), relacionándolo a su vez con el significado de cada palabra. Basta para ello con cambiar el orden de los tres conjuntos que forman la correspondencia múltiple $f \cdot g: L \rightarrow S \rightarrow G$, con el fin de que el conjunto L esté relacionado directamente con los otros dos.

¹⁴ Por ejemplo, la palabra compuesta *corta-uñas* forma un par ordenado formado a su vez por dos elementos morfológicos, que son los lexemas *corta* y *uñas*, y se representaría $(corta, uñas) \in V$. Pero, a la vez, cada uno de estos dos elementos pertenece a dos subconjuntos distintos incluidos en el conjunto del léxico de una lengua, ya que *corta* pertenece al subconjunto de los verbos y *uñas* al de los sustantivos. Por lo tanto, el par ordenado $(corta, uñas)$ que forman ambos elementos también pertenece a la correspondencia $f: N \rightarrow A$

mismo ocurre en la conjugación. En ella, el conjunto de los significantes y el de los significados y funciones gramaticales de una lengua definen entre sí una correspondencia porque cada elemento del conjunto inicial tiene una imagen o varias en el conjunto final¹⁵. Cada uno de los elementos morfológicos de una misma forma verbal pertenecen a distintos subconjuntos, que a su vez definen entre sí correspondencias, ya que sus elementos forman entre sí pares, ternas, cuádruplas o n-tuplas ordenadas. Por lo tanto, las palabras compuestas y derivadas, así como las distintas formas nominales y verbales de la declinación y de la conjugación de una lengua, analizados y expresados de esta manera, forman los «sistemas morfológicos» (SM), que están formados por «elementos morfológicos» (e_m) que forman una cadena, ya que definen una relación binaria de orden total (RBOT), y están ordenados conforme a una estructuras morfológicas que los representa y que tiene una base matemática¹⁶.

definida entre ambos subconjuntos, el de los verbos V y el de los sustantivos o nombres N, puesto que $corta \in V$ y $uñas \in N$. Y lo mismo ocurre con las palabras derivadas, puesto que los dos elementos que las forman, el lexema y el morfema derivativo, pertenecen a dos subconjuntos distintos incluidos en el conjunto del léxico de una lengua, el conjunto L de los lexemas y el conjunto M de los morfemas derivativos, respectivamente. Por ejemplo, *grande-za* es un par ordenado ($grande, -za$) $\in L$ y, al propio tiempo, pertenece a la correspondencia $f: L \rightarrow M$ definida entre el conjunto de los lexemas y el conjunto de los morfemas de la lengua castellana, puesto que $grande \in L$ y $-za \in M$. Lo mismo ocurre para formar el plural. Por ejemplo, *grande-s* es un par ordenado ($grande, -s$) $\in L$ y, al propio tiempo, pertenece a la correspondencia $f: L \rightarrow M$ definida entre el conjunto de los lexemas y el conjunto de los elementos morfológicos o afijos de la lengua castellana, puesto que $grande \in L$ y $-s \in M$. Al mismo tiempo, es una palabra porque tiene imagen no vacía en el conjunto de los significados. Al igual que ocurre con los significados, las funciones gramaticales también forman pares ordenados, o n-tuplas ordenadas, pertenecientes a un conjunto en el que se define una relación binaria de orden total (RBOT) dentro del mismo conjunto. Por ejemplo, la palabra castellana *mesas* está formada por una raíz o lexema *mesa-* y un sufijo *-s* que indica la función de plural, y ambos elementos forman un par ordenado ($mesa-, -s$) de un conjunto E, de los elementos morfológicos del castellano, en el que se define una relación binaria de orden total (RBOT). Por otra parte, las funciones de estos dos elementos forman igualmente un par ordenado de un conjunto F de las funciones gramaticales del castellano, en el que se define también una relación binaria de orden total (RBOT). Si llamamos R al conjunto de las raíces o lexemas del castellano y Pl al conjunto de los sufijos de plural de dicha lengua, el par ordenado ($mesa-, -s$) de E se puede representar por la fórmula RPl, que forma una cadena de la relación binaria definida en el conjunto F, representa la «estructura morfológica» de la palabra *mesa-s* y de todas las palabras del castellano que estuvieran formadas por un lexema y un sufijo de plural. Además, los pares ordenados ($mesa-, -s$) y RPl definen un *isomorfismo* y se pueden representar mediante un diagrama de Euler-Venn.

¹⁵ Por ejemplo, la forma verbal castellana *habla-ba-s* se puede representar por la fórmula $RPr_{im}^{in}N_2$, donde R = *habla-*, $Pr_{im}^{in} = -ba-$ y $N_2 = -s$. En dicha fórmula, el símbolo R representa la raíz; el símbolo Pr, el tiempo pretérito; el subíndice *im*, el aspecto imperfecto; el superíndice *in*, el modo indicativo; el símbolo N, el nominativo, es decir, el sujeto; y el subíndice 2, la 2ª persona singular. Las lenguas de tipo flexivo, como son las de la familia indoeuropea, se caracterizan porque un mismo morfema puede expresar más de una función gramatical simultáneamente, mientras que en todas las demás lenguas, especialmente en las de tipo aglutinante como el vasco, cada morfema suele expresar una sola función gramatical. Así, el sufijo *-ba-* de la palabra castellana *hablamos* expresa tres funciones gramaticales al mismo tiempo: el tiempo pretérito (Pr), el aspecto imperfecto (Im) y el modo indicativo (In). En las lenguas aglutinantes, en cambio, esto no suele ocurrir y un morfo representa normalmente a un solo morfema.

¹⁶ Por ejemplo, la estructura morfológica verbal (EMV) de *habla-ba-s*, *hablá-ba-mos*, etc., expresada de forma simbólica, sería RPrN o, más exactamente, $RPr_{im}^{In}N$, donde R representa la raíz o lexema, Pr el sufijo de pretérito y N el caso nominativo, que es el que expresa el sujeto. A su vez, el subíndice Im representa el aspecto imperfecto y el superíndice In, el modo indicativo. En las lenguas flexivas, un afijo puede corresponder a varias funciones gramaticales al mismo tiempo, o en otras palabras, un morfo puede representar a varios morfemas. En vasco, la EMV de *n-a-go* = 'yo estoy', *d-a-go* = 'él/ella/ello está', *g-a-go-z* = 'nosotros/as estamos', *d-a-go-z* = 'ellos/ellas están', etc. sería NPrRPI, y la forma verbal concreta *g-a-go-z* = 'nosotros/as estamos', por ejemplo, se representaría por N_4PrRPI , donde $N_4 = g-$, Pr = *-a-*, R = *-go* y Pl =

En las oraciones gramaticales, los significantes de una lengua se combinan entre sí definiendo unas relaciones binarias de orden total (RBOT), al igual que los significados o las funciones gramaticales lo hacen dentro de su conjunto respectivo. Ambos conjuntos, el de los significantes, por una parte, y el de los significados y las funciones gramaticales, por otra, definen entre sí, a su vez, una correspondencia, de manera que cada elemento del conjunto inicial tiene una o varias imágenes en el conjunto final. Por lo tanto, las oraciones gramaticales constituyen «sistemas sintácticos» (SS), que están formados por «elementos sintácticos» (e_{σ}) que forman una cadena, ya que definen una relación binaria de orden total (RBOT), y están ordenados conforme a una «estructura sintáctica» (ES), que tiene una base matemática¹⁷. En vez de palabras o elementos léxicos, los elementos sintácticos pueden ser sintagmas, es decir, cadenas de palabras que, perteneciendo a subconjuntos del léxico diferentes, están relacionadas entre sí dentro de la oración gramatical o SS por corresponder a una misma función gramatical¹⁸. Esa correspondencia no es una aplicación, puesto que un elemento del conjunto inicial

-z, donde R representa la raíz o lexema, Pr el sufijo de presente, Pl el plural y N el caso nominativo o absolutivo, que en las lenguas de tipo ergativo es el que expresa el sujeto de los verbos intransitivos y el objeto directo de los transitivos. Sobre esto, se puede ver Domene 2007b, 2009, 2010, 2011.

¹⁷ Así, una oración gramatical como *yo como manzanas* tendría una ES = Sujeto – Verbo – Objeto Directo, que se representaría simbólicamente por SVOd, donde S = *yo*, V = *como* y Od = *manzanas*. Los elementos sintácticos de una misma oración gramatical o sistema sintáctico (SS) pertenecen a distintos subconjuntos que a su vez definen entre sí correspondencias, ya que los elementos de los conjuntos que las definen forman entre sí pares, ternas, cuádruplas o n-tuplas ordenadas, que son las oraciones gramaticales o «sistemas sintácticos» (SS) que se expresan formalmente en las «estructuras sintácticas» (ES) que simbólicamente los representan. Así, por ejemplo, dos oraciones gramaticales distintas como *yo como manzanas* y *yo compro manzanas* tendrían la misma estructura sintáctica SVOd, esto es, Sujeto – Verbo – Objeto Directo, ya que los elementos sintácticos *como* y *compro* pertenecen al mismo subconjunto V del léxico del castellano. Por lo tanto, esta correspondencia tampoco es unívoca, ya que la imagen de cada elemento no es un conjunto unitario o vacío, y por ello, no es una aplicación.

¹⁸ Los sintagmas son cadenas que están incluidas dentro de otras cadenas, que son las oraciones gramaticales y, si a estas últimas las hemos denominado «sistemas sintácticos» (SS), los sintagmas serían «subsistemas sintácticos» (S'S) porque estarían incluidos en aquellos. Pero, además, la cadena formada por los elementos sintácticos de la terna ordenada (por, la, carretera) corresponde a una función gramatical, concretamente de complemento circunstancial (CC). Por tanto, un subsistema sintáctico o sintagma es una cadena perteneciente al conjunto del léxico de una lengua y que, a su vez, tiene imagen no vacía en el conjunto de los constituyentes y también en el de las funciones gramaticales. Es decir, un sintagma es una cadena de palabras que corresponde a un constituyente y, además, a una función gramatical y, a su vez, está incluido en otra cadena, que es la oración gramatical a la que pertenece. Por ello, a los sintagmas se les puede denominar «subsistemas sintácticos», ya que forman parte de un «sistema sintáctico», en el que a su vez están incluidos. Por ejemplo, los elementos sintácticos de la terna ordenada (por, la, carretera) forman un sintagma, concretamente un sintagma preposicional (SPrep), porque es una cadena. Este subsistema sintáctico o sintagma forma junto a otros un sistema sintáctico u oración gramatical. Por ejemplo, la oración gramatical *el autobús ha venido por la carretera* está formada por dos grandes sintagmas, el SN = *el autobús* y el SV = *ha venido por la carretera* y éste, a su vez, está formado por otros dos sintagmas, un GV = *ha venido* y un SPrep = *por la carretera*. Por lo tanto, la oración gramatical antedicha está formada en realidad por tres sintagmas, un SN = *el autobús*, un GV = *ha venido* y un SPrep = *por la carretera*. En todo sistema sintáctico u oración gramatical de una lengua, cada uno de los sintagmas que forman la cadena corresponde a un tipo de constituyente, que a su vez también forman una cadena, de manera que también se define una correspondencia entre el conjunto de los sintagmas de una lengua y el de los tipos de constituyentes. La cadena de estas últimas sería la estructura sintáctica (ES) correspondiente a ese sistema sintáctico, que en este ejemplo se podría expresar simbólicamente de la forma $ES = S_n G_v S_{pp}$, teniendo en cuenta que, al no utilizar signos de separación, cada símbolo sólo puede estar formado por una letra en mayúsculas seguida de otra en minúsculas, pudiendo llevar algún subíndice o superíndice cuando sea necesario. Pero cada uno de los sintagmas que forman la cadena de un sistema sintáctico u oración gramatical de una lengua también corresponde a una función gramatical, que a su vez también forman una cadena, de manera que también se define una correspondencia entre el conjunto de los sintagmas de una

puede tener más de una imagen en el conjunto final, ya que hay muchas palabras, e incluso muchos sintagmas, que tienen varios significados¹⁹.

Ha quedado demostrado así que la gramática de las lenguas naturales se organiza como la Teoría de Conjuntos, de manera que unos «elementos gramaticales» (fonéticos, fonológicos, morfológicos, léxicos, sintácticos o semánticos) agrupados en «conjuntos ordenados» de elementos que tienen una «característica» común (su función gramatical) y definen unas relaciones binarias de orden total (RBOT) en cada uno de ellos, y unas correspondencias entre conjuntos diferentes. A partir de ellos, se puede obtener el «proceso de evolución fonética» (PEF) y del «proceso de formación de la estructura morfológica» (PFEM), que a su vez tienen naturaleza matemática al ser «cadenas» de cambios fonéticos y morfológicos y se pueden expresar, por tanto, por medio de fórmulas. En definitiva, la gramática de una «lengua» es una «correspondencia» definida entre dos conjuntos, uno de significantes (elementos morfológicos, léxicos, sintácticos o de sistemas sintácticos) y otro de significados (elementos semánticos o sistemas semánticos), de manera que los significantes se combinan entre sí en base a unas estructuras (fonéticas, fonológicas, morfológicas y sintácticas) que representan cadenas²⁰. La

lengua y el de las funciones gramaticales. La cadena de estas últimas sería la «estructura sintáctica funcional» correspondiente a ese sistema sintáctico, que en este ejemplo sería $ES = SVO_d$. Por lo tanto, un «sistema sintáctico» (oración gramatical) se define como una cadena perteneciente al conjunto de los elementos sintácticos (palabras) o de los subsistemas sintácticos (sintagmas) de una lengua y que, a su vez, tiene imagen no vacía en el conjunto de los elementos semánticos (significados), en el de los constituyentes y en el de las funciones gramaticales. En la terminología tradicional, una oración gramatical es, por tanto, una cadena de palabras o de sintagmas que corresponde a una cadena de significados o elementos semánticos, en la correspondencia $f: L \rightarrow S$, y a una cadena de funciones gramaticales, en la correspondencia $f: L \rightarrow F$, siendo L el conjunto de las palabras de una lengua (el léxico) y F el de sus funciones gramaticales. Esa cadena de elementos o subsistemas sintácticos que constituye una oración gramatical corresponde a otra cadena de elementos semánticos o significados dentro de la correspondencia definida entre dos conjuntos, el de los elementos o los subsistemas sintácticos (palabras o sintagmas) y el de los elementos semánticos o significados.

¹⁹ Por ejemplo, la palabra *banco* puede tener varios significados: ‘asiento para sentarse’, ‘entidad de crédito’, ‘mesa de carpintero’ y ‘conjunto de peces que se desplazan juntos en el agua’, entre otros. En un Lexicón se representaría por tres palabras diferentes: *banco*₁, *banco*₂, *banco*₃ y *banco*₄. Sin embargo, la palabra *banco*, por sí sola, no permite distinguir los significados de la palabra; y tampoco se pueden distinguir algunos de sus significados cuando se utiliza dentro de una oración gramatical. Así, por ejemplo, si alguien pregunta a otro a través del teléfono móvil *¿dónde estás ahora?* y éste contesta *estoy sentado en un banco*, el emisor del mensaje, para poder encontrarlo, tendrá que preguntarle al receptor *¿en qué tipo de banco?*, y éste le podrá responder *en un banco del parque del Retiro*, o bien *en el Banco de Santander, esperando que me reciba el director*, por ejemplo. Pero, si el receptor responde, por ejemplo, *estoy delante de un banco*, el emisor no podrá saber a cual de los cuatro significados antes mencionados se refiere.

²⁰ Sobre la base de la Teoría de Conjuntos he definido los conceptos lingüísticos básicos de análisis morfológico de las lenguas así como de sus propiedades; esto es, he formado un conjunto de conceptos unívocos, con coherencia lógica y total explicitud; y estos conceptos se pueden expresar por medio de símbolos. Así, he creado el concepto de «elemento lingüístico» (fonético, morfológico, léxico, sintáctico, semántico) como unidad más simple de cada parte de la gramática (fonética, morfología, sintaxis y semántica), porque esos elementos pertenecen a sendos conjuntos que poseen una «característica que los define. Una «cadena» de elementos lingüísticos forman un «grupo lingüístico» (que no tiene nada que ver con el «grupo» matemático), un conjunto de elementos en el que se define una «partición» –o conjunto de grupos lingüísticos pertenecientes a distintos subconjuntos de ella que tienen un elemento común– es un «sistema lingüístico» y la cadena formada por las características de los conjuntos que forman un sistema lingüístico es una «estructura lingüística». Los conceptos de «elemento fonético» (sonido), «elemento fonológico» (fonema) y de «elemento semántico» (concepto o función gramatical) son primarios, pero los demás no. Y así, un «elemento morfológico» e_m (raíz o afixo, morfema léxico o gramatical) es todo grupo de elementos fonéticos que corresponde a algún elemento semántico, un «elemento léxico» e_l (palabra) es todo grupo de elementos morfológicos que corresponde a algún elemento semántico, un «elemento sintáctico» e_s (palabra como parte de una oración gramatical) es todo elemento léxico que pertenece a un

gramática se puede expresar así por medio de las matemáticas, de tal manera que gramática y teoría de conjuntos se fusionan en una simbiosis que le confiere a la primera un rigor, una seguridad y una fiabilidad desconocidos hasta ahora. Las nuevas definiciones emanadas de este nuevo metalenguaje son unívocas, y no ambiguas como las tradicionales, como se ha podido comprobar. Además de estas ventajas, ha sido creado un metalenguaje científico, riguroso y adecuado, que convierte la gramática en lo que se ha denominado una ciencia formalizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Acero, J. J.; Bustos, E.; Quesada, D. 1982: Introducción a la filosofía del lenguaje, Madrid, Ediciones Cátedra, 1989.
- [2]. Bresnan, J. y Kaplan, R. 1982: «Introduction: Grammar as Mental Representation of Language», en Bresnan, J. 1982: *The Mental Representation of Grammatical Relations*, Cambridge, The M.I.T. Press, pp. XVII-XVIII.
- [3]. Bloomfield, L. 1926: «A set of postulates for the science of language», *Language*, 2, pp. 153-164.
- [4]. Chomsky, N. 1956: «Three models for the description of language», *IRE Transactions on Information Theory IT-2*, Proceedings of the symposium on information theory, N° 3, 113-124; Luce, Bush and Galanter (eds), 1965.
- [5]. Chomsky, N. 1957a: *Syntactic Structures*, La Haya, México, Ed. Siglo XXI, 1973, 4ª ed.
- [6]. Chomsky, N. 1957b: «Logical structures in language», en *American Documentation* 8, pp. 284 - 291.
- [7]. Chomsky, N. 1965: *Aspectos de la teoría de la sintaxis*, Madrid, Aguilar, 1970.
- [8]. Chomsky, N. 1993: «A Minimalist program for linguistic theory», en Hale, K. y Jay Keyser, S. (ed.), *The view from building 20: Essays in linguistics in honor of Sylvain Bromberger*, Cambridge, Mass., MIT Press, pp. 1-52.
- [9]. Chomsky, N. 1996: *The Minimalist Program*, Cambridge (Mass.), MIT Press (trad. esp. *El programa minimalista*, Madrid, Alianza Editorial, 1999).
- [10]. Domene Verdú, J. F. 2001: «La interpretación como elemento diferenciador entre los lenguajes formales y las lenguas naturales», en Reccah, P. Y. y Saiz Noeda, B. (eds.), *Lenguas, literatura y traducción. Aproximaciones teóricas*, Madrid, Arrecife, pp. 109-127.
- [11]. Domene Verdú, J. F. 2007a: *Lingüística y matemáticas: El proceso de formación de la estructura morfológica verbal de la lengua vasca*, Serie Tesis Doctorales, Universidad del País Vasco, Servicio de Publicaciones, CD-ROM.
- [12]. Domene Verdú, J. F. 2007b: «Matematización de la gramática y su aplicación a la estructura morfológica verbal de la lengua vasca», *Estudios de Lingüística de la Universidad de Alicante (ELUA)*, 21, pp. 65-102.
- [13]. Domene Verdú, J. F. 2008: *El habla de Villena en el área del castellano meridional*, Ganador del VI Premio de Ensayo e Investigación “Faustino Alonso Gotor”, Comparsa de Estudiantes de Villena, Sax.
- [14]. Domene Verdú, J. F. 2009: *Lingüística y Matemáticas. Axiomatización de la Teoría Gramatical y su aplicación a la Tipología lingüística*, Publicaciones de la Universidad de Alicante, Sant Vicent del Raspeig, 2009. 360 pp.
- [15]. Domene Verdú, J. F. 2010a: «La influencia tardo-latina en la lengua vasca: el origen tardo-latino de la estructura morfológica verbal analítica vasca a través de los verbos aditu y sortu», *Revista Española de Lingüística (RSEL)*, n° 40/1, Sociedad Española de Lingüística, pp. 49-72.
- [16]. Domene Verdú, J. F. 2010b: “Influencia catalana y aragonesa en el habla de Villena”, en Emili Casanova (ed.): *Els altres parlars valencians. I Jornada de Parlars Valencians de Base Castellano-aragonesa*, València, Denes Editorial, pp. 83-105.
- [17]. Domene Verdú, J. F. 2010c: “Caracterización lingüística del habla de Villena (Alicante)”, *Archivo de Filología Aragonesa (AFA)*, n° 66. Institución “Fernando el Católico”, Exma. Diputación de Zaragoza, pp. 217-243.
- [18]. Domene Verdú, J. F. 2011: *La lengua vasca. Originalidad y riqueza de una lengua diferente*, Editorial Club Universitario, Sant Vicent del Raspeig, 362 pp.
- [19]. Domene Verdú, J. F. 2014: “La influencia latino-románica en la estructura morfológica nominal de la lengua vasca”, en *Revista de Filología Española (RFE)*, n° 1, enero-junio 2014, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), pp. 57-86.
- [20]. Dowty, D.; Wall, R. E. y Peters, S. (1981), *Introduction to Montague Semantics*, Dordrecht, Reidel.
- [21]. García García, J. y López Pellicer, M. (1977), *Álgebra lineal y geometría*, Alcoy, Marfil.
- [22]. Gazdar, G.; Klein, E.; Pullum, G. y Sag, I. (1985), *Generalized phrase structure grammar*, Oxford, Blackwell y Cambridge, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).

«sistema sintáctico» SS (oración gramatical), que a su vez se define como una cadena de elementos léxicos que corresponde a un «sistema semántico» (SΦ). Un sistema sintáctico (SS) está formado, a su vez, por subsistemas sintácticos S'S (sintagmas) y viene definido por su «estructura sintáctica» (ES), que es la cadena de las funciones gramaticales (v_g) que corresponden a los elementos sintácticos que lo forman. Las funciones gramaticales de los elementos sintácticos que forman un sistema sintáctico están representadas en el «sistema morfológico» (SM) y definen la «estructura morfológica» (EM) de éste, que es la cadena de las funciones gramaticales de los conjuntos de elementos morfológicos de un sistema morfológico que corresponden a una misma función gramatical, siendo así una «función gramatical» (v_g) la característica de cada uno de dichos conjuntos de elementos morfológicos incluidos en un sistema morfológico determinado. El objetivo final del análisis gramatical es la obtención de «sistemas gramaticales» (fonéticos, fonológicos, morfológicos y sintácticos), que están representadas por las «estructuras gramaticales» correspondientes (fonéticas, fonológicas, morfológicas y sintácticas). Esas estructuras se pueden expresar «por extensión» (mediante los elementos que la forman ordenados o agrupados en los conjuntos a los que pertenecen) o «por comprensión» (mediante los símbolos de las funciones gramaticales de esos conjuntos de elementos). Las reglas de limitación en la generación de oraciones gramaticales (subcategorización, etc.) ya no son necesarias, sino que la formación de esos sistemas gramaticales en general viene determinada únicamente por las estructuras gramaticales que son propias de cada lengua.

- [23]. Gazdar, G. y Mellish, C. 1989: *Natural Language Processing in Prolog: An introduction to Computational Linguistics*, Reading, Addison-Wesley.
- [24]. Gladkij, A.V. y Melchuk, I.A. 1972: *Introducción a la lingüística matemática*, Barcelona, Ed. Planeta.
- [25]. Harris, Z. S. 1951: *Methods in Structural Linguistics*, Chicago, University of Chicago Press, reeditado con el título de *Structural Linguistics*, 1969.
- [26]. Harris, Z. S. 1971: *Structures mathématiques du langage*, Paris, Ed. Dunod.
- [27]. Kaplan, R. y Bresnan, J. 1982: «Lexical-Functional Grammar: A formal System for Grammatical Representation of Language», en Bresnan, J. (1982), *The Mental Representation of Grammatical Relations*, Cambridge, The M.I.T. Press, pp. 173-281.
- [28]. Katz, J. J. y Fodor, J. 1963: «The structure of a semantic theory», *Language*, 39, pp. 170-120.
- [29]. Keenan, E. L. 1987: *Universal Grammar: 15 Essays*, Londres, Croom Helm.
- [30]. Lyons, J. 1968: *Introduction to theoretical linguistics*, Cambridge, Ed. University Press (trad. esp.: *Introducción a la lingüística teórica*, Barcelona, Teide, 1971, 1985, 7ª ed.).
- [31]. Marcus, S.; Nicolau, E.; Steti, S. (1978), *Introducción a la lingüística matemática*, Barcelona, Ed. Teide.
- [32]. Montague, R. 1973: *Ensayos de filosofía formal*, Madrid, Alianza Universidad, 1977, pp. 158-182.
- [33]. Moreno Cabrera, J. C. 1991: *Curso Universitario de Lingüística General*, 2 tomos, Madrid, Ed. Síntesis.
- [34]. Moreno Sandoval, A. 1998: *Lingüística computacional: introducción a los modelos simbólicos, estadísticos y biológicos*, Madrid, Síntesis.
- [35]. Moreno Sandoval, A. 2001: *Gramáticas de unificación y rasgos*, Madrid, A. Machado Libros.
- [36]. Partee, B. H. 1971-1976: *Montague Grammar*, New York, Edit. Academic Press.
- [37]. Partee, B. H.; Meulen, A. T.; Wall, R. E. (1990), *Mathematical methods in linguistics*, en *Studies in linguistics and philosophy*, v. 30, Dordrecht / Boston / London, Kluwert Academic Publishers.
- [38]. Peters, S. y Ritchie, R. 1973: «On the generative power of transformational grammar», en *Information Sciences*, 6, pp. 49-83.
- [39]. Pollard, C. y Sag, I. 1994: *Head-Driven Phrase Structure Grammar*, Chicago, University of Chicago Press.
- [40]. Pullum, G. y Gazdar, G. 1982: «Natural Languages and Context Free Languages», en *Linguistics and Philosophy*, 4, pp. 471-504.
- [41]. Rohrer, C. 1971: *Gramática funcional y gramática transformativa. La transformación en francés de oraciones en miembros de oración*, Madrid, Gredos, 1978.
- [42]. Serrano, S. 1977: *Lógica, lingüística y matemáticas*, Barcelona, Ed. Anagrama.
- [43]. Tarski, A. M. 1972: *La concepción semántica de la verdad y los fundamentos de la semántica*, Buenos Aires, Nueva Visión.
- [44]. Tent, K. 1990: «The application of Montague translations in universal research and typology», en *Linguistics and Philosophy*, 13, pp. 661-686.
- [45]. Vennemann, Th. 1982: «What is a linguistic typology? », en *Studies in Linguistics*, Taegu Linguistic Society, Korea, pp. 21-22.

José Fernando Domene Verdú "Las Definiciones En Lingüística Y La Aplicación De Las Matemáticas A La Gramática De Las Lenguas" *IOSR Journal of Economics and Finance (IOSR-JEF)*, vol. 10, no. 6, 2019, pp. 38-48.